



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

LED-SUKELLUSVALAISIN

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan koulutusala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietokone-elektroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Mikko Saarelainen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

SAARELAINEN, MIKKO:

LED-SUKELLUSVALAISIN

Tietokone-elektroniikan opinnäytetyö, 41 sivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena on LED ja sen käyttö sukellusvalaisimissa. Työn tarkoitus oli tutkia miten LED toimii ja miten se soveltuu käytettäväksi sukellusvalaisimessa, sekä syventää omaa tietoutta valosta, mitä se on ja miten sitä mitataan. Työssä käydään läpi LEDin ominaisuuksia ja miten se eroaa muista sukellusvalaisimissa käytetyistä lampuista.

Työ on toteutettu tutustumalla LEDiin ja valoon käyttämällä erilaisia lähteitä ja päivittämällä nykyinen sukellusvalaisimeni LED-sukellusvalaisimeksi.

Opinnäytetyössä vaihdetaan sukellusvalaisimen xenon-lamppu LED-lamppuun, minkä jälkeen vertaillaan ja mitataan miten sukellusvalaisimen valontuotto muuttui.

Lopuksi on pohdittu mittauksista saatuja tuloksia ja miten mittauksissa kohdatut ongelmat voitaisiin jatkossa välttää.

Avainsanat: LED, Sukellusvalaisin, Sukellus, LED-ajuri

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

SAARELAINEN, MIKKO:

LED DIVE LIGHT

Bachelor's Thesis in Computer Electronics, 41 pages

Spring 2012

ABSTRACT

This thesis is about LED's and how to use them in dive lights. The purpose of the thesis was to examine how LED works and how it could be used as a dive light, and also to study light in general, what it is and how it is measured. The thesis deals with the qualities of LED and how it differs from other lamps used in dive lights.

The project was executed by exploring LED and light using different kinds of sources and also updating a dive light into a LED dive light.

In the practical part, a xenon-lamp of the dive light was switched into a LED lamp and afterwards some comparing and measuring was done on how the light given by the dive light changed.

There is some discussion in the end about the results and how the problems encountered in the measuring can be avoided.

Key words: LED, dive light, diving, LED driver

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SUKELLUS	2
3	VALO JA SUUREET	6
3.1	Valovirta Φ	6
3.2	Valaistusvoimakkuus	6
3.3	Valovoima I	7
3.4	Valotehokkuus	7
3.5	Värilämpötila	8
3.6	Värintoistoindeksi RA	9
4	SUKELLUSVALAISIMET	10
4.1	Käsisukellusvalaisin	10
4.2	Kanisterisukellusvalaisin	12
5	LED	16
5.1	LEDin historia	16
5.2	LED-ajurit	17
5.2.1	Lineaarinen LED-ajuri	18
5.2.2	Ylöspäin muuntava LED-ajuri	19
5.3	Teholedin lämpökäyttäytyminen	20
6	SUKELLUSVALAISIMEN AKKU	23
6.1	Suljettu lyijyakku	23
6.2	Nikkeli-kadium-akku (NiCd)	24
6.3	Nikkeli-metallihydridi-akku (NiMH)	25
6.4	Litium-Ion-akku (Li-Ion)	26
7	LED-SUKELLUSVALAISIMEN RAKENTAMISTA JA TESTAUSTA	28
7.1	Pääsukellusvalaisimeni	28
7.2	UK C8 xenon → Led	30
7.3	Testausmenetelmät	34
7.4	Testin tulokset	36
8	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	41

1 JOHDANTO

Kun sukeltaa suomen sameissa vesissä ainoana valonlähteenään pieni halogenkäsivalaisin, sitä tulee miettineeksi, miten saisi lisää valoa veden alle ja vielä niin, ettei tarvitsi kuljettaa mukanaan suurta virtalähdettä.

Kun alotin tehdä opinnäytetyötä, LED-sukellusvalaisimet vasta alkoivat tulemaan markkinoille ja nyt kun katsoo markkinoilla olevaa sukellusvalaisin valikoimaa suuri osa niistä on LED-sukellusvalaisimia.

Työssä käydään läpi ensin sukelluksen historiaa ja sitä, millaista sukeltaminen ylipäättään on. Tämän jälkeen tutustutaan valoon ja siihen, miten millä eri tavoin valoa mitataan. Loppuosa onkin näiden kahden yhdistämistä, eli sukellusvalaisimen tutkimista sekä uusimpana valonlähteenä valaisimiin tulleen LEDin tutkimista.

Työn päätavoitteena on tutustua LEDiin komponenttina ja sen soveltuvuuteen sukellusvalaisin käytössä.

Opinnäytetyö lopussa vaihdetaan sukellusvalaisimen xenon-lampun tilalle LED-lamppu sekä vertaillaan ja mitataan, miten valaisimen valontuotto muuttui.

2 SUKELLUS

On vaikeaa sanoa, milloin sukeltaminen on keksitty. Ensimmäiset tiedetyt sukellukset on kuitenkin tehty jo noin 5000 vuotta sitten. Aluksi sukeltaminen on ollut työtä. Sukeltajat etsivät kaupankäyntiin sopivia helmiä, koralleja ja sieniä tai sotilaat sukeltelivat katkomassa vihollisen ankkuriköysiä tai puhkomassa veneiden pohjia. Ihminen ei kuitenkaan pystynyt olemaan veden alla hengittämättä muutamia minuutteja kauempaa, joten alettiin kehittää erilaisia menetelmiä veden alla hengittämisen mahdollistamiseksi. (Vikman 2004, 19-29.)

Aluksi sukeltajan avuksi kehittelyt laitteet olivat pitkiä snorkkelin kaltaisia putkia tai erilaisia sukeltajan mukana kulkevia hengityssäkkejä. Näillä ei kuitenkaan ollut käytännön mahdollisuutta toimia, sillä vedenpaine olisi painanut hengityssäkit kasaan, ja pitkän snorkkelinkin kanssa hengittäminen veden alla on lähes mahdotonta. Jo 1200-luvulta on kuitenkin tietoja laitteista, joilla kulkemisen vedenpohjassa sanottiin olevan vaaratonta. (Vikman 2004, 19-29.)

Sukelluskellot kehiteltiin 1500-1800-luvuilla. Niiden avulla ihminen saattoi jo olla pinnan alla useita tunteja. Niiden teho perustui kellon mukana pinnan alle kulkeutuvaan ilmaan. Ongelmana oli kuitenkin lisähapen kuljettaminen kelloon. Niinpä kehittelytyö jatkui, ja vuonna 1828 kehitettiin ensimmäinen sukelluspuku, jossa oikeastaan oli vain kypärä ja siitä letku pintailmaa varten. Pian tämän jälkeen keksittiin sukeltajan kokopuku, jonka avulla saatettiin jo työskennellä 20 metrin syvyydessä seitsemänkin tuntia päivässä. Ongelmaksi näissä pitkissä pinnan alla vietetyissä ajoissa muodostuivat oudot oireet, joista sukelluksissa olleet miehet alkoivat kärsiä. Oireisiin kuului huimausta, nivelkipuja, vatsakipuja, ja lopulta oireet johtivat joidenkin sukeltajien kuolemaan. Oireet, joita kutsuttiin aluksi arkkutaudiksi, kuuluivat sukeltajantautiin, joka tietenkin tuolloin oli vielä tuntematon. (Vikman 2004, 19-29.)

Suomen sukellushistoria on 1950-luvulle asti pelkkää työsuikellusta, joskin Suomeksi ensimmäiset sukellukset on tehty jo 1600-luvulla sukelluskellojen avulla. Ensimmäiset urheilusukellukset Suomessa ovat vuodelta 1952, ja joitakin vuo-

sia myöhemmin perustettiin Urheilusukeltajain Liitto, jonka toivottiin levittävän urheiluharrastusta ympäri Suomen. (Vikman 2004, 19-29.)

Nykypäivänä kuka tahansa fyysisesti ja henkisesti terve voi ruveta harrastamaan laitesukellusta. Laitesukelluksen peruskurssille voi mennä jo 12-vuotiaana.

Veden alla toimiminen ei ole ihmiselle yhtä luontaista kuin maanpäälliset askareet, joten sukeltamiseen liittyy myös vaaran mahdollisuuksia. Vaaratilanteita pyritään pois sulkemaan erilaisilla etukäteistoimilla, kuten esimerkiksi hankkimalla tietoa sukelluskohteesta, sopimalla etukäteen sukelluksen tarkoituksesta, tarkastamalla varusteet ennen sukellusta ja ennen varsinaista sukellusta kokeilemalla laitteiden kunto pienellä pintasukelluksella. Sukeltajan on myös harjoiteltava riittävästi sukellukseen liittyvien taitojensa saamiseksi sellaiselle tasolle, että sukellus on turvallista ja sujuvaa. (Vikman 2004, 382.)

Sukellusharjoittelu aloitetaan uima-altaassa, jossa harjoitellaan perustaitoja. Erityisen tärkeää on osata käyttää perusvälineitä, sukelluslaitetta ja tasapainotusliivejä oikein. Paljon on myös hiottava taitoja onnettomuuteen joutuneen uhrin auttamiseksi. (Vikman 2004, 382.)

Jo pelkästään sukeltaminen, eli kulkeminen veden alla, voi olla suuri elämys, mutta veden alla voi kokea paljon muutakin. Sukeltaja voi sukeltaa esimerkiksi, jään alla, hylyissä, luolissa tai trooppisissa merissä, ja näissä kaikissa olosuhteet ja silmien eteen avautuva pinnanalainen maisema vaihtelee suuresti. Vaativat sukellukset tehdään jopa yli 40 metrin syvyyteen. Näin suurissa syvyyksissä käytetään ilmapulloissa seoksia, joissa typpi on korvattu heliumilla typpinarkoosin välttämiseksi. (Vikman 2004, 382.)

Suomen vesistöissä ei ole välttämätöntä sukeltaa öisin, voidakseen sukeltaa pimeässä, sillä jo noin 10-20 metrin syvyydessä päivänvaloa on niin vähän, että sukeltajan täytyy käyttää valaisinta. Tästä syystä sukeltaminen pimeässä vedessä valaisinta käyttäen ei olekaan pohjoismaisille urheilusukeltajille outoa tai poikkeuksellista. Kuitenkin jos jo sukeltamaan lähtiessä on pinnallakin pimeää, antaa se sukellukselle aivan uudenlaista haastetta ja sukeltajalle aivan uudenlaisen

sukelluskokemuksen. Vedenalaisessa maailmassa eläimet käyttäytyvät pimeällä eri tavoin kuin valoisan aikaan. Kalat saattavat kiinnostua sukeltajan valosta ja uida aivan kosketusetäisyydelle tai pysytellä paikoillaan, ja ravut ryömivät esiin koloistaan. Keinovalo paljastaa myös kasvien ja eläinten todelliset värit, jotka luonnollisessa valaistuksessa näyttävät ruskean tai harmaan sävyisiltä. (Vikman 2004, 306-308.)

Yösukelluspaikaksi sopii paikka, jossa on jo aiemmin sukeltettu päiväsaikaan ja jonka ominaisuudet, esimerkiksi virtaukset ja pohjan muoto, ovat sukeltajalle entuudestaan tuttuja. Paikka, josta veteen mennään, on myös valaistava sen varalta, että jompikumpi sukelluspareista joutuu palaamaan paikalle uiden. (Vikman 2004, 306-308.)

Ennen yösukellukseen osallistumista on sukeltajalla oltava tarpeeksi kokemusta muutoin pimeissä vesissä tapahtuneesta sukelluksesta ja sukeltamisesta valon kanssa. Yösukellusta aloittelevan pariksi täytyy valita henkilö, joka on kokenut yösukeltaja. Sukellusparin on käytettävä yhdysköyttä ja tarvittaessa myös pinnalle johtavaa poijuköyttä varmistaakseen molempien sukeltajien turvallisuuden. Kummallakin sukeltajalla on oltava valaisin, ja mikäli toinen valaisin menee epä-kuntoon, on sukellusparin keskeytettävä sukellus, noustava pintaan ja uitava läh-töpaikalle. On suositeltavaa, että sukellusparilla olisi mukana ainakin yksi varava-laisin, ettei sukellusta tarvitsisi keskeyttää, vaikka jommankumman valaisin meni-si epäkuntoon. (Vikman 2004, 306-308.)

Itse aloitin sukellusharrastuksen vuonna 2006. Sukeltamisessa mimua eniten viehättää on se, että pääsen käymään paikoissa, joissa mahdollisesti kukaan muu ei ole ennen käynyt. Tietämättömyys siitä, mitä pohjassa on tai saattaa olla on kutkuttavaa. Toinen asia joka rupesi itseäni kiinnostamaan hyvin paljon sukellusten myötä, tuli vastaan kun tein ensimmäisen yösukellukseni. Vedenalainen maailma tuntui kuin pysähtyneen, kaloja saattoi päästä melkein koskettamaan, kun ne olivat unessa. Yllättävää oli myös se, kuinka paljon enemmän kaloja näki yöllä kuin päivällä.

Hyvän sukellusvalaisimen tärkeyttä ei voi liikaa painottaa yösukelluksilla tai muutenkaan. Muistan, kun kaverini kanssa teimme ensimmäisen sukelluksen vähän syvemmälle (25metriin). Tuolloin käytössäni oli vielä ensimmäinen ostamani sukellusvalaisin, jonka merkkiä en nyt muista, mutta sen antama valovirta oli todella vähäinen. Tämän sukelluksen aikana valoni rupesi ensin vilkkumaan ja sen jälkeen sammui kokonaan. Kaverini kyllä huomasi heti, että valo katosi ja tuli luokseni. Viitoin parilleni, että noustaisiin vähän ylemmäs, jossa päivänvaloa riittäisi sen verran, että ilman valaisintakin pärjäisi. Kun sukellus oli ohi, ja olimme pinnalla vaihtaneet märkäpuvut pois ja vaatteet päälle, rupesin tutkimaan, miksi valaisin oli sammunut. Avasin valaisimen, ja se olikin imaissut vettä sisäänsä. Tämä oli aiheuttanut oikosulun ja valon sammumisen. Tämän sukelluksen jälkeen ostin itselleni uuden ja paremman valaisimen, joka on vieläkin käytössäni. Sain myös korjattua vuotaneen valaisimen ja se toimii nykyään varavalaisimenani. Nyt jälkeinpäin olen ajatellut tapahtunutta ja sitä miten tyhmää ja vaarallista oli sukeltaa niin pimeässä ilman kunnollista sukellusvalaisinta ja ilman minkäänlaista varavalaisinta. Juuri tämän tapahtuman vuoksi innostuin ajatuksesta kehittää mahdollisimman hyvä valaisin sukelluskäyttöön, ja tämäkin opinnäytetyöprojekti sai alkunsa.

3 VALO JA SUUREET

Valaisimen tarkoitus on tuottaa valoa. Kun ostettaessa tai suunniteltaessa valaisinta johonkin tiettyyn tarkoitukseen, kuten esim. sukeltamiseen, on hyvä olla perillä lamppuvalmistajien lampuista antamista tiedoista ja siitä, mitä ne tosiasiallisesti tarkoittavat.

3.1 Valovirta Φ

Lumen on valovirran yksikkö, ja sen tunnus on lm. Valovirtaa käytetään eri valonlähteiden kokonaisvalontuoton ilmaisemiseen. Lamppuvalmistajat antavat yleensä lampuistaan juuri lumen-arvon ja sitä käytetäänkin lähtötietona valaistuslaskennassa. (Wikipedia 2012a.)

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$$

Lumen arvo ei sinällään kerro valaisimen kirkkaudesta mitään, esim. lentokentän kokoiselle alueelle voi olla sama määrä lumeneita ”hajautettuna”, kuin erittäin kirkkaalla käsivalaisimella huoneen seinälle 1m x 1m valaistulle alueelle.

3.2 Valaistusvoimakkuus

Luksi on valaistusvoimakkuuden yksikkö. Sitä käytetään ilmaisemaan, paljonko valoa jollekin tietylle pinnalle tulee. Jos yhden neliömetrin kokoiselle alueelle lankeaa lumenin valovirta, on kyseinen alue yhden luksin valaistuksessa Kaava 1. (Wikipedia 2012b.)

$$1 \text{ lx} = 1 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$$

KAAVA 1. Valaistusvoimakkuuden laskukaava (Wikipedia 2012c.)

Sukellusvalaisimien vertailussa luksa on hyvä yksikkö, koska luksa ottaa huomioon myös sukellusvalaisimessa käytetyn linssi/heijastimen, jolla luodaan valaisimen antama valon avautumiskulma.

3.3 Valovoima I

Valovoiman yksikkö on kandela (cd). Valovoima kuvaa valonlähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimaa. Kandela on lumen steradiaania kohti (lm/sr). Kandela tulee latinankielen sanasta candela, joka tarkoittaa kynttilää, ja se vastaa-kin kirkkaudeltaan suunnilleen yhden kynttilän kirkkautta. (Wikipedia 2012c.)

3.4 Valotehokkuus

Valotehokkuuden yksikkö on lm/W. Se kertoo paljonko valovirtaa (lm) lamppu tuottaa suhteutettuna sen ottamaan sähkötehoon (W). Mitä suurempi luku on sitä energiatehokkaampi valonlähde on. (Wikipedia 2012d.)

Teoriassa maksimiraja valontuotolle on spektrijakaumasta riippuen reilut 300 luumenia wattia kohti, mutta nykytekniikalla saadaan teholedistä valonmuodossa ainoastaan yksi kolmannes, eli noin 100 luumenia. (Karjalainen 2010, 23.)

Löytämäni parhaimmat valotehokkuusarvot ledeille olivat Nichian tutkijoiden saama 265 lm/W 5 mA:n virralla, joka lähentelee jo teoreettista limittiä. Tosin kyseinen ledi tuottaa valovirtaa vain 14,4 lm. Nichian tutkijat ovat onnistuneet myös luomaan teholedin, joka tuottaa 203 lm, ja valotehokkuudeksi luvataan 183 lm/W 350 mA:n virralla. (Zyga 2010.)

3.5 Värilämpötila

Värilämpötila on valon mitattava ominaisuus. Värilämpötilan yksikkö on Kelvin. Kelvineistä saadaan celsiusasteita vähentämällä 273 siitä. (esim. 300 K = 27 celsiusastetta.) Mitta-asteikkona toimii mustan kappaleen (metalli) säteilemän valon väri sen eri lämpötiloissa: 300 K:n lämpötilassa musta, 800 K:n lämpötilassa punainen, 4 000 K:n lämpötilassa valkoinen ja 20 000 K:n lämpötilassa sininen. Voimakkaasti värillisellä valolla ei ole värilämpötilaa. Ihminen näkee värilämpötiloja n.2790-11000 Kelvinin välillä. Kuviossa 1. on kuvattu eri värilämpötilojen väri ja taulukossa 1. on muutamia suuntaa antavia esimerkkejä eri värilämpötilojen valonlähteistä. (Innojok 2012.)



KUVIO 1. Värilämpötilojen mitta-asteikko (Wikipedia 2012e.)

TAULUKKO 1. Eri valonlähteiden värilämpötiloja (Heino, 2012.)

Keinovalolähteet*	
Kynttilänvalo:	1900 K
60 watin hehkulamppu:	2700 K
Halogeenilamppu:	n. 3000 K
Lämpimän valkoiset loisteputket:	4000 K
Kirkkaat LED valot, loisteputket:	5000 - 6000 K
Päivänvalolähteet**	
Auringon nousu ja auringon lasku:	3000 K
Auringonvalo 20 asteen kulmassa:	4000 K
Iltapäivän auringonvalo:	4900 - 5800K
Iltapäivän aurinko (kesä):	5000 - 7000 K
Pilvinen taivas:	7000 K
Sinisen taivaan valo:	12000 - 18000 K

* Lampun käyttömäärä sekä sen ikä vaikuttavat värilämpötilaan.

** Päivänvalon värilämpötila riippuu vuorokauden ajasta, vuoden ajasta ja paikan sijainnista.

3.6 Värintoistoindeksi RA

Värintoistoindeksillä ilmoitetaan valonlähteen kyky toistaa värejä. Sen lyhenne on CRI (tai RA-indeksi), joka tulee englanninkielien sanoista Colour Rendering Index. Värintoistoindeksin asteikko on 0-100. Nollan ollessa huonoin värintoisto, eli valonlähde, ei toista olleenkaan värejä, ja jos valonlähteen värintoistoindeksi on sata, se toistaa kaikki värit täydellisesti (suhteessa vertailuvalonlähteeseen). (Wikipedia 2012f.)

Vertailuvalonlähteenä käytetään alhaisilla värilämpötiloilla (alle 5000 K) Planckin säteilijää ja yli 5000 K värilämpötiloilla päivänvaloa (D65). (Wikipedia 2012f.)

Valonlähteen kykyä toistaa 8:aa eri testiväriä verrataan vertailuvalonlähteeseen. Jos valonlähde toistaa värit yhtä hyvin kuin vertailuvalonlähde, se saa arvon 100. CRI 100:n arvoisia valonlähteitä ovat alle 5000 K:n hehkulamppu ja yli 5000 K:n luonnonvaloloisteputki (D65). (Wikipedia 2012f.)

CIE (kansainvälinen valaistuskomissio) on valmistelemassa parempaa ja tarkempaa menetelmää valonlähteiden värintoistokyvylle. Syitä on monia, mutta yksi syy on jos hehkulamppua vertaillaan yli 5000 K:n asteikolla, se saa arvoksi 89, tai jos luonnonloisteputkea vertaillaan alle 5000 K:n asteikolla, se saa myös arvoksi 89. Toisenlaisen ongelman muodostaa spektriltään epätavalliset valonlähteet esim. valkoinen ledi. (Wikipedia 2012f.)

Yleisesti ottaen alle 70 CRI:n valo on luonnoton, väritön tai muuten vain outo. Yli 80 CRI:n valo on luonnollinen ja yli 90 CRI:n hyvä (KUVIO 2). (Wikipedia 2012f.)



KUVIO 2. esimerkkejä eri värintoisto-indeksi arvoista. (Staples Finland Oy 2012.)

4 SUKELLUSVALAISIMET

Sukellusvalaisin on hyvin oleellinen laite harrastettaessa laitesukellusta. Kauniina päivänä kun aurinko paistaa täydeltä taivaalta, voi Suomenkin sameissa vesissä pärjätä jopa 10 metrin syvyyteen asti ihan ilman sukellusvalaisinta, mutta heti kun sukellaan 15-20 metriin ja varsinkin 20 metristä vielä syvemmälle, ei ilman hyvää sukellusvalaisinta ole turvallista ja järkevää sukeltaa. Etelän kirkkaissa merissä, joissa näkyvyudet vesissä saattavat olla jopa 40 metriä, sukellusvalaisin ei ole välttämättömyys, mutta jos haluaa tutkia kalojen mahdollisia oleskeluonkaloja tai harrastaa hylkysukellusta, kannattaa mukana olla edes pieni sukelluskäsivalaisin.

Sukellusvalaisimet voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: käsisukellusvalaisiin ja kanisterisukellusvalaisimiin. Näistä käsisukellusvalaisimet ovat yleiskäytössä hyviä ja sopivat loistavasti päivällä suoritettaville sukelluksille, kun taas kanisterisukellusvalaisimet ovat yleensä paremmin sopivia myös ammattimaiseen sukellukseen sekä sukelluksille pimeissä paikoissa tai öiseen aikaan ja käytettäväksi kuvaamiseen vedenalla.

4.1 Käsisukellusvalaisin

Käsisukellusvalaisin on luultavasti yleisempiä käytettäviä sukellusvalaisimia. Niitä käytetään yleisvalaisimina ja varavalaisimina sukelluksilla. Itse olen käyttänyt jo monta vuotta pistoolimallista sukellusvalaisinta (KUVIO 2).



KUVA 2. UK C8 Xenon sukellusvalaisin

Kahvan muotoilun ansiosta sitä on helppo käyttää sukeltaessa, mutta ennen LED-lamppujen tuloa niiden valoteho on ollut melko vaatimaton, koska isoa akkua ei ole voitu istuttaa valaisimeen, ettei siitä tulisi huono käsiteltävä.

Yleisin käsisukellusvalaisin malli on varmasti normaalin taskulampun mallinen (KUVA 3). Tämän mallisia valaisimia käytetään yleensä varavaloina, jonkun tehokkaamman valaisimen kanssa.



varuste.net

KUVA 3. Princeton torrent LED 5W (Varuste.net 2012a.)

Varavalona se yleensä roikkuu lenkin varassa jossain sukeltajan rinnan/lantion tienoilla, josta sen voi ottaa tarvittaessa käyttöön helposti ja nopeasti.

4.2 Kanisterisukellusvalaisin

Urheilusukeltamisen haastavammat muodot, eli luolasukeltaminen ja yösukeltaminen, vaativat molemmat todella hyvän sukellusvalaisimen, joka on yleensä niin sanottu kanisterivalaisin. Kanisterisukellusvalaisin saa nimensä sukeltajan selkään kiinnitettävästä kotelosta tai ”kanisterista”, jonka sisällä on valaisimen virtalähde eli akku.

Kanisterisukellusvalaisimessa akkuosa ja valopää ovat liitettynä toisiinsa ainoastaan taipuisalla johdolla, jota myöten virta kulkee akulta valopäähän. Akkuosa (KUVA 4.) yleensä kiinnitetään sukeltajan varustuksen selkäpuolelle esimerkiksi ilmapullon viereen, joten sen paino/koko ei ole haittana, koska se on kiinteästi kiinni sukeltajassa.



KUVA 4. Scubamafian valmistama sukellusvalaisimen akkukotelo. (Scubamafia 2012b.)

Kun akkuosa on selässä, sinne voidaan helposti laittaa isokin akku, ja näin saadaan riittävä virtalähde tehokkaille valopäähän asennetuille lampuille.

Valopäitä saa joistain sukellusvalaisimia myyvistä liikkeistä. Esim. scubamafia tarjoaa kahdenlaista valopäätä.

Kuvassa 5. on valmis valopää, jossa johto kiinnitettynä valmiiksi ja myös sisälle asennettu 3x5 W teholedyä. Valopäähän tarvii siis vain kiinnittää enää akku/akkukotelo ja sukellusvalaisin on valmis. Taulukossa 2. valmistajan antamat tiedot.



KUVA 5. Scubamafian valmis 3 ledin valopää (Scubamafia 2012a.)

TAULUKKO 2. Scubamafian valopään tiedot (Scubamafia 2012a.)

Valovirta:	750 lm
Värilämpötila:	6000 K
Valokeila:	6 astetta
LEDien käyttöikä:	50000 tuntia
Max. ottoteho:	15 W
Max. käyttösyvyys:	300 m
Kaapelin pituus:	1,2 m
Suurin halkaisia:	69 mm
Pituus:	120 mm
Soveltuu:	5-15 voltin akuille
Materiaali:	alumiini, anodisoitu mustaksi

Samaa valopäätä saa myös tyhjänä (KUVA 6.) Tähän valopäähän on hyvä rakentaa itse halutunlainen valonlähde. Valopäähän kannattaa myös kiinnittää erillinen kahva, joka helpottaa sen käsiteltävyyttä.



KUVA 6. Scubamafian valmis valopää tyhjänä. (Scubamafia 2012a.)

Kanisterimallisten sukellusvalaisinten rakentaminen on hyvin yleinen harrastus sukelluspiireissä. Niitä tehdään itse, koska silloin saa sellaisen, minkälaisen haluaa ja tarvitsee. Yhtenä vaikuttavana tekijänä kanisterisukellusvalaisimien itse tekemiseen on myös se, että ne ovat sukellustarvikeliikkeestä ostettaessa, hyvinkin arvokkaita. Olen nähnyt monta kertaa itse tehdyn kanisterisukellusvalaisimen, jossa akkukotelo on tehty viemäriputkesta, jonka toinen pää on tulpattu umpeen ja toiseen päähän on tehty vettä pitävä ”luukku”.

Kanisterisukellusvalaisin on paras ratkaisu, kun halutaan paljon valotehoa. Se on ollut ja on nykyäänkin, myös kaikkein kallein sukellusvalaisintyyppi. Kun yhdistetään kanisterisukellusvalaisimen rakenne ja isot paljon valovirtaa antavat teholedit, saadaan veden alla todellakin isoja valotehoja tuottavia ratkaisuja (KUVA 7. ja TAULUKKO 3).



KUVA 7. Diveriten LED LUX kanisterivalaisin. (Varuste.net 2012b.)

TAULUKKO 3. LED LUX kanisterivalaisimen tiedot. (Dive Rite 2012.)

Maksimi valovirta, täydellä teholla:	880 lm
Luksi arvot:	11440 @ 1 metriä
	2800 @ 2 metriä
	1320 @ 3 metriä
LEDien käyttöikä:	10000 tuntia
Akku:	12 V / 4500mA / NiMH
Luvattu paloaika:	Täysteho: 4 tuntia
	Puoliteho: 8 tuntia
Hinta:	n. 770€

5 LED

LED, eli Light Emitting Diode (suom. loistediodi), on puolijohdekomponentti joka on tarkoitettu käytettäväksi valonlähteenä. (Palojärvi 2006, 40.)

LED lähettää valoa, kun sähkövirta kulkee sen läpi. Virta kulkee LEDin läpi vain yhteen suuntaan, ja LEDin kirkkaus riippuu tämän virran suuruudesta. LEDin tuottama valo sijoittuu hyvin kapealle aallonpituusalueelle, ja se on pistemäistä. Koko valoteho tulee puolijohdepalasta. (Palojärvi 2006, 40.)

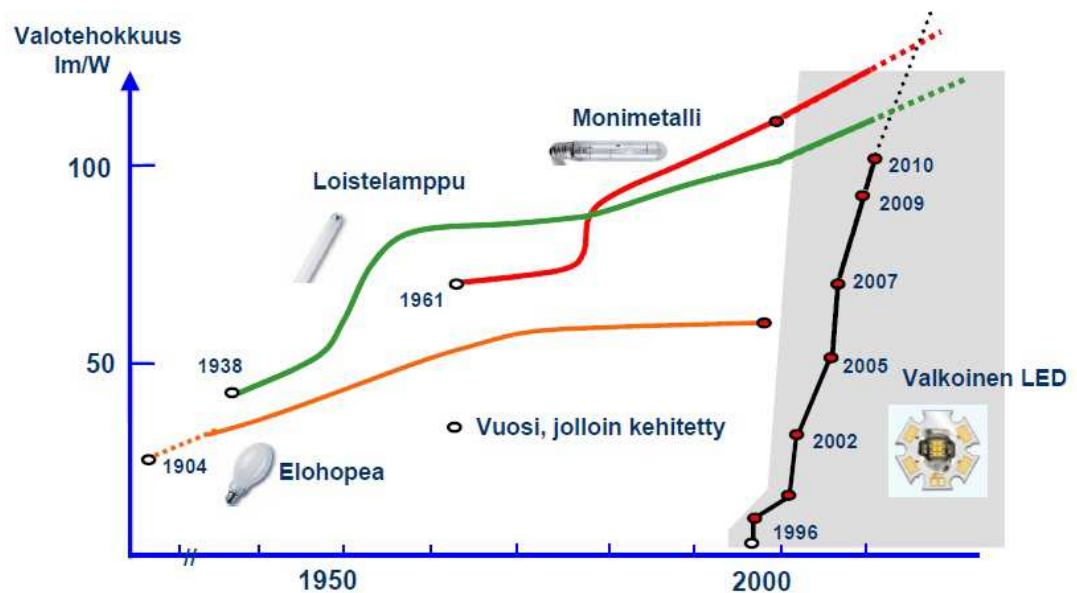
LEDin puolijohhteessa liitospinnan muodostavat kaksi erilaista puolijohdetyyppiä, P ja N. Kun puolijohhteeseen kytketään tasajännite alkavat N-tyypin (negatiivinen varaus) ylimääräiset elektronit virrata P-tyypin (positiivinen varaus) ylimääräisiä aukkoja kohti ja toisin päin. Elektronien ja aukkojen törmätessä vapautuu energiaa valona eli fotoneina. (Palojärvi 2006, 40.)

On olemassa paljon erivärisiä LED-valoja. LEDin väri riippuu siihen käytetystä puolijohdemateriaalista, ja pienetkin muutokset seossuhteessa muuttavat LED-valon väriä. Alumiini-gallium-indium-fosfidista (AlGaInP) tai alumiinii-indium-gallium-fosfidista (AlInGaP) yhdistelmistä valmistetaan keltaiset, oranssit ja punaiset teholedit. Indium-gallium-nitridi (InGaN) yhdistelmästä taas valmistetaan valkoiset, vihreät ja siniset. (Palojärvi 2006, 40-41.)

5.1 LEDin historia

Ensimmäinen raportointi ledistä on jo vuodelta 1907 (Brittiläinen keksijä H. J. Round), mutta käytännöntarkoitusta keksinnölle ei ollut vuosikymmeniin. Ensimmäinen käyttökelpoisen LEDin keksi Nick Holonyak, Jr. vuonna 1962. Ensimmäinen kaupallinen LED lanseerattiin 1960-luvun lopulla. LED oli väriltään punainen ja sen käyttötarkoitus oli lähinnä erilaisten kalliiden laboratoriolaitteiden ja elektronisten tutkimusvälineiden merkkivaloina toimiminen. LED-valoja alettiin käyttää muunmuassa televisioissa, radioissa ja laskimissa 1970-luvulla, ja tällöin niiden antama valovirtakin oli jo saatu kymmenkertaistettua. 1972 keksit-

tiin keltainen LED, ja sitten myös muut värit. Vasta 1990-luvulla LED:in valovirta oli saatu niin hyväksi, että niitä voitiin käyttää myös valaisimina. 2000-2001 vuoden paikkeilla valkoinen teholedi ohitti hehkulampun valotehokkuuden noin 16 luumenia wattia kohden. Ja tästä eteenpäin teholedien kehitys onkin ollut hui-maa (KUVIO 3). (Doubulb.com 2012.)



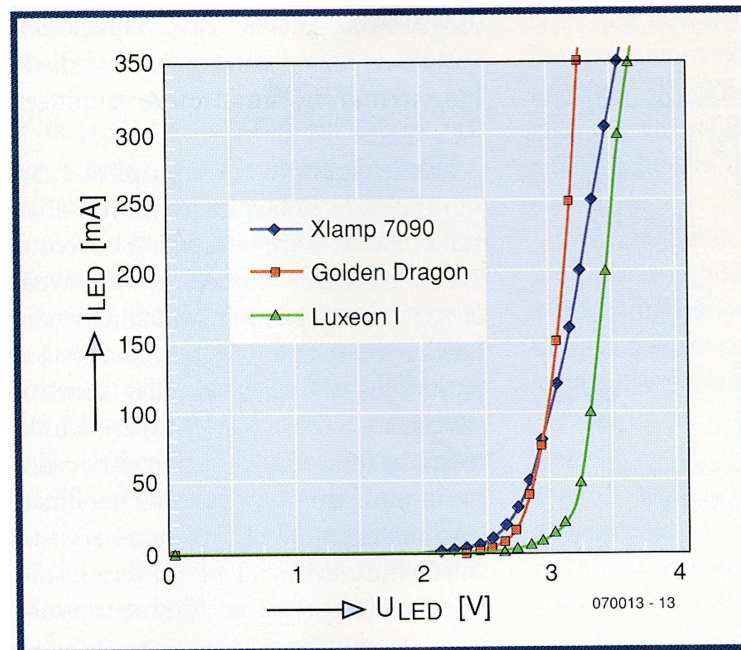
KUVIO 3. LEDin valotehokkuus kehitys (Palojärvi 2006.)

5.2 LED-ajurit

LEDien ajureita on monia erilaisia riippuen tietenkin käyttötarkoituksesta. Käyn työssä läpi muutaman erilaisen ajurin, joista jokainen soveltuu käytettäväksi su-kellusvalaisimessa riippuen valaisimen LEDien määrästä ja jännitelähteestä.

Kaikki LEDit ovat virtaohjauksisia komponentteja. LEDin virta-jännite käyrä on epälineaarinen, ja siinä on erityinen kulmapiste/kynnysjännite, jonka sijainti riip-puu täysin ledin antaman valon väristä ja sen myötäsuuntaisesta jännitteestä. Kynnysjännite taas on riippuvainen lämpötilasta, ja se myös vaihtelee eri kompo-nenttiyksilöiden välillä. Kolmen eri valmistajan teholedien virta-jännitekäyrät voivat olla toisistaan hyvinkin poikkeavia (KUVIO 4). Samanlaiset käyrät voitai-

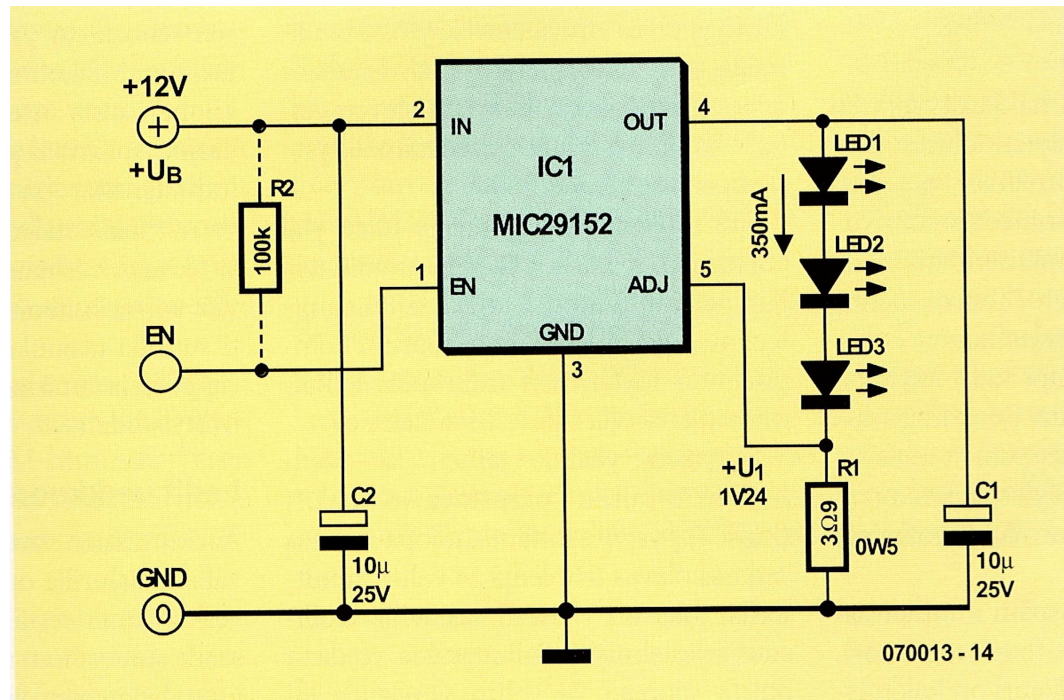
siin myös saada kolmen saman valmistajan samantyyppistä lediä tutkittaessa eri lämpötiloissa. (Eberhard 2007, 54.)



KUVIO 4. Xlamp 7090, Golden Dragon ja Luxeon I virta-jännitekäyrät. (Eberhard 2007, 55.)

5.2.1 Lineaarinen LED-ajuri

LEDin tehonsyöttö pitää hoitaa jyrkällä teholähteellä, mitä LEDin virta-jänniteriippuvuus tarkoittaa käytännössä. Hyvin yleisesti käytetään vielä pelkkää jännitelähde-vastus yhdistelmää, jossa vastuksen tarkoitus on rajoittaa ledin läpi kulkeva virta johonkin tiettyyn arvoon. Tätä menetelmää ei kuitenkaan kannata käyttää, ellei virtalähde ole vakio tai jos halutaan todella halpa ratkaisu LEDin virran hallinnalle. Useassa tapauksessa lineaarista jännitteensäädin ja kuormavastus riittävät virtalähteeksi LEDille. Esimerkiksi syöttöjännitteenä 12 V, ja sillä ajetaan kolmea teholedyä (KUVIO 5). (Eberhard 2007, 54-55.)



KUVIO 5. Lineaarinen LED-ajuri, jossa jännitteen säätimenä MIC29152. (Eberhard 2007, 55.)

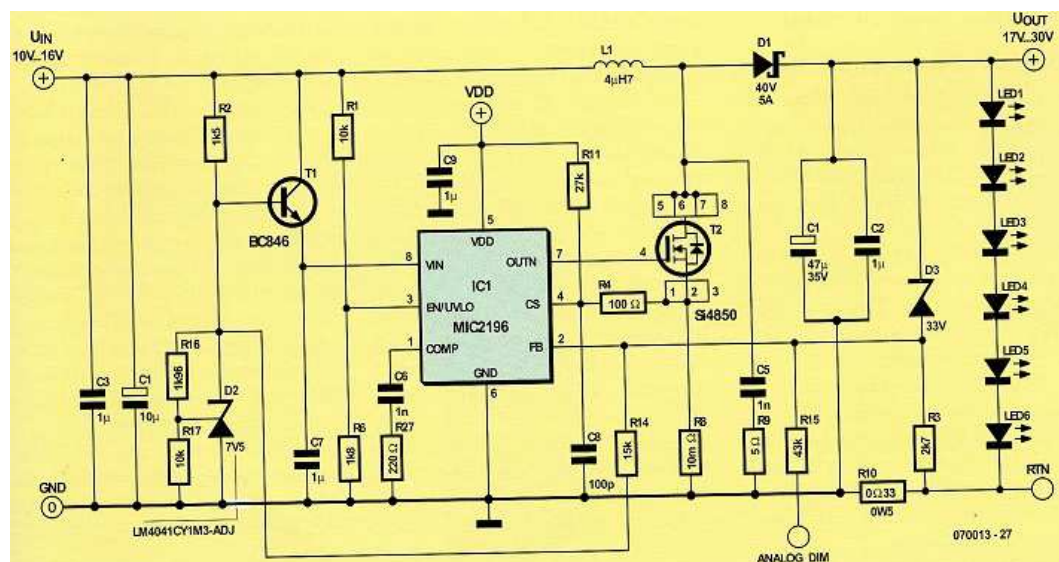
Lineaarisen tehoajurin käytössä edellytyksenä on, että syöttöjännite on suurempi kuin LEDin tai LEDien myötäsuuntainen jännite. Jännite-eron ja LED-virran tulo ilmaisee karkeasti lineaarisen ajurin tehonhäviön. Hyötysuhde saadaan arvo suhteesta U_{led} / U_B , eli tämä tarkoittaa sitä, että suhteellisen suuri syöttöjännite johtaa väistämättä huonoon hyötysuhteeseen. Tällä piirillä on kuitenkin mahdollista saavuttaa parempi hyötysuhde kuin hakkuriajurilla, jos erojännite on riittävän pieni. Muita etuja ovat lineaariajurin helppo rakentaminen, edullinen hinta, suhteellisen luotettavat toimintaominaisuudet eivätkä lineaariset LED-ajurit tuota min-käänlaisia sähköisiä tai sähkömagneettisia häiriöitä. (Eberhard 2007, 54-55.)

5.2.2 Ylöspäin muuntava LED-ajuri

Ylöspäin muuntavaa ajuria käytetään, kun LEDin/LEDien kynnyksjännite on isompi kuin virtalähteen antama jännite. Kyseistä menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun halutaan saada yksi teholedi palamaan yhdellä AA-kokoisella alkaliparistolla (1,2 V-1.5 V) tai kun suljetulla lyijyakulla (12 V) anne-

taan virta kymmenelle sarjaankytketylle teholedille, joiden myötäjännite voi olla yhteensä yli 30 volttia. (Eberhard 2007, 56-57.)

Tällainen on esimerkiksi ”step-up-tyyppinen” LED-ajuri, jolla pystyy helposti ohjaamaan kuusiosaista Ostar-LEDiä, joiden yhteisteho on 24W (KUVIO 6).

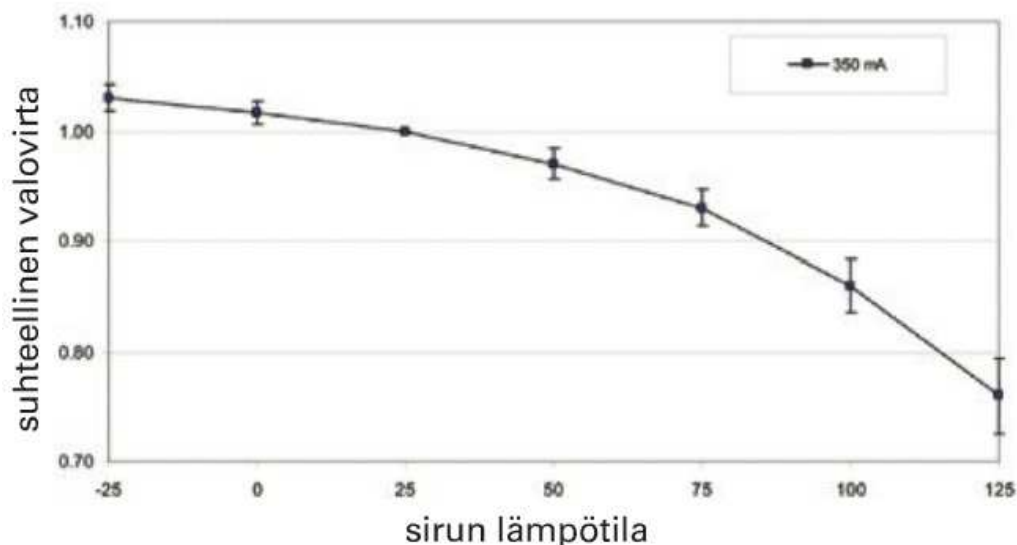


KUVIO 6. Ylöspäin muuntava LED-ajuri / MIC2196 (Eberhard 2007, 57.)

Yksi ongelma mistä ylöspäin muuntavan ajurin tulee selvitä, on avoin kuorma. Ledi hajotessa tapahtuu virtapiirin katkeaminen, mutta tähän yhtenä ratkaisuna on zeneriodi, jonka läpilyöntijännite on suurempi kuin ledin myötäsuuntainen maksimijännite. Parempana tapana olisi käyttää jännitteenrajoitinta, mutta tämä tapa vaatii mikropiiriltä yhtä lisänastaa. (Eberhard 2007, 56-57.)

5.3 Teholedin lämpökäyttäytyminen

LEDien valmistajat antavat LED-siruilleen maksimilämpötilan, jolla LED vielä toimii. Maksimilämpötila on yleensä välillä 120-175 astetta. Vaikka maksimilämpötila olisikin 175 astetta, LEDin käyttöikä ja valovirta laskevat luvatusa aina mitä kuumeen LED käy, ja itse asiassa se toimiikin parhaiten pakkasessa (KUVIO 7). (Karjalainen 2010, 23-25.)



KUVIO 7. ledisirun lämpötila suhteessa sen tuottamaan valovirtaan. (Karjalainen 2010.)

LEDin lämpenemisen aiheuttaa sen läpi kulkeva virta ja LEDin yli jäävä jännite. LED ei säteile lämpöä toisin kuin hehkulamppu, jonka toimintatapansa vuoksi on pakko käydä kuumana. LED ei voi toimia niin kuumana, että lämpö ainakaan merkittävästi poistuisi siitä säteilynä, minkä vuoksi melkein ainoaksi lämmön poistumistieksi jää johtuminen. Nykyisistä LEDeissä hukcatehoa syntyy n.60-80 %, ja se kaikki on johdettava pois LEDistä. Siruun hukkuu se teho, joka hukkuu, ja LEDin sisäiseen lämmönsiirtoon ei voi vaikuttaa, joten ledisirun lämpöliitännän ja sen jäähdytysjärjestelmän välinen rajapinta ja itse jäähdytysjärjestelmä ovat tärkeässä asemassa johdettaessa lämpöä pois sirusta. (Karjalainen 2010, 23-25.)

LEDin ja jäähdytysjärjestelmän rajapinnassa käytettäviä lämmönjohtamista parantavia materiaaleja on olemassa monenlaisia. Niiden tarkoitus on poistaa sirun ja jäähdytysjärjestelmän välistä ilma, joka toimii erittäin hyvänä lämmön eristeenä, pienenäkin kerroksena. Jäähdytysjärjestelmän ensimmäisenä osana toimii yleensä alumiinipohjainen piirilevy, johon LED juotetaan kiinni (KUVA 8). (Karjalainen 2010, 23-25.)



KUVA 8. Cree:n valmistama LED, valmiilla jäähdytyslementillä.

Jos alumiinilevy on tarpeeksi iso, se saattaa riittää yksistään jäähdytykseen, mutta joskus tarvitaan lisä jäähdytystä, ja silloin voidaan käyttää jäähdytysripoja tai jotain muuta lämpöä haihduttavaa materiaalia. Esimerkiksi sukellusvalaisimessa jäähdytyslementti voidaan yhdistää valaisimen runkoon, ja sitä kautta lämpö pääsee haihtumaan veteen, joka on hyvä lämmönjohde. (Karjalainen 2010, 23-25.)

6 SUKELLUSVALAISIMEN AKKU

Akku tai akusto on heti valolähteen jälkeen merkittävin osa sukellusvalaisimessa. Akku määrää itse valonlähteen kanssa sukellusvalaisimen käyttöajan, jonka pitää mielestäni olla vähintään enemmän kuin yhden sukelluksen maksimikesto, joka riippuu sukeltajan omista sukellusvarusteista ja tekniikasta, mutta esimerkiksi oma sukelluksieni maksimikesto on noin yksi tunti.

Akkuja on olemassa monia erilaisia, ja niissä on monenlaisia eri ominaisuuksia, joten akun valinnassa omaan sukellusvalaisimeen kannattaa olla tarkkana. Vaikka tähän asti olenkin käyttänyt omissa sukellusvalaisimissani kertakäyttöisiä alkali-paristoja, en suosittelen niiden käyttöä, jos harrastaa vähänkin enemmän sukellusta, koska tällöin ladattavat paristot tulevat ajan kanssa paljon halvemmaksi. Koska niitä ei tarvitse olla koko ajan vaihtamassa, ne ovat myös paljon ympäristöystävällisempiä.

6.1 Suljettu lyijyaku

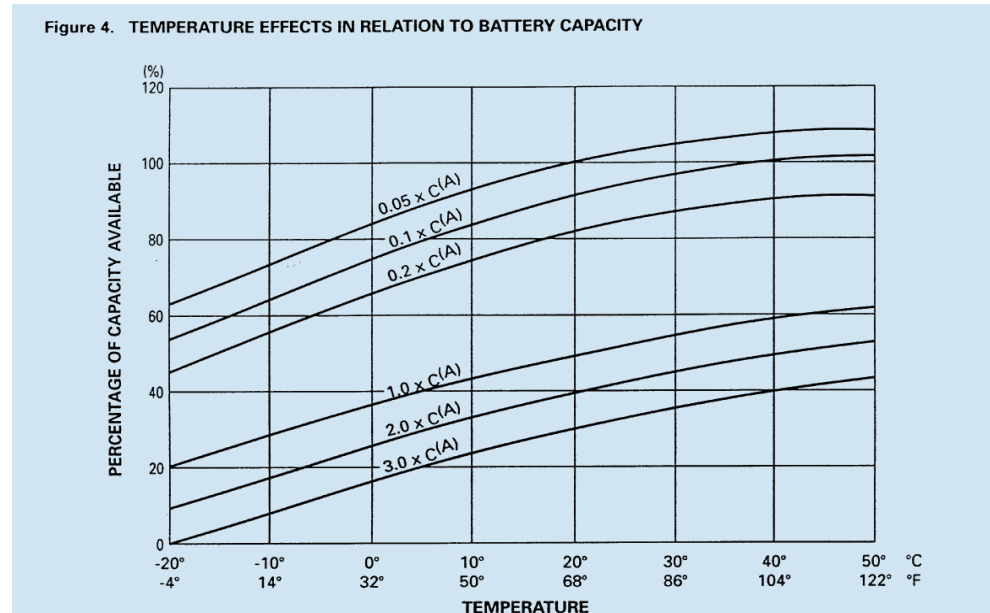
Suljettuja lyijyakkuja käytetään paljon itsetehdyissä kanisterisukellusvalaisimissa, vaikka niiden energiatiheys ei ole iso (=pieni kapasiteetti kokoonsa nähden). Syyt tähän ovat, että ne eivät tarvitse juurikaan huoltoa, ja ne on helppo ladata (normaali autonakkulaturi käy), mutta ehkä suurin syy on niiden halpa hinta.

Käsikukellusvalaisimiin ne eivät sovellu, koska ne ovat isokokoisia, painavia ja yleensä kulmikkaita.

Sukellusvalaisin käytössä akku yleensä ladataan täyteen, ja sukeltaessa se purkaantuu ja sitten se taas ladataan uutta sukellusta varten täyteen. Suljetut lyijyakut kestävät yleensä noin 1000 tällaista purkua/latausta. (Haaja 2002, 8.)

Valittaessa suljettua lyijyakkua omaan valaisimeen kannattaa olla tarkkana, koska kaikki suljetut lyijyakut eivät kestä kuin muutamien satojen milliampeerien virtaa. Ne ovat myös herkkiä lämpötilan muutoksille. Kun akun käyttölämpötila laskee

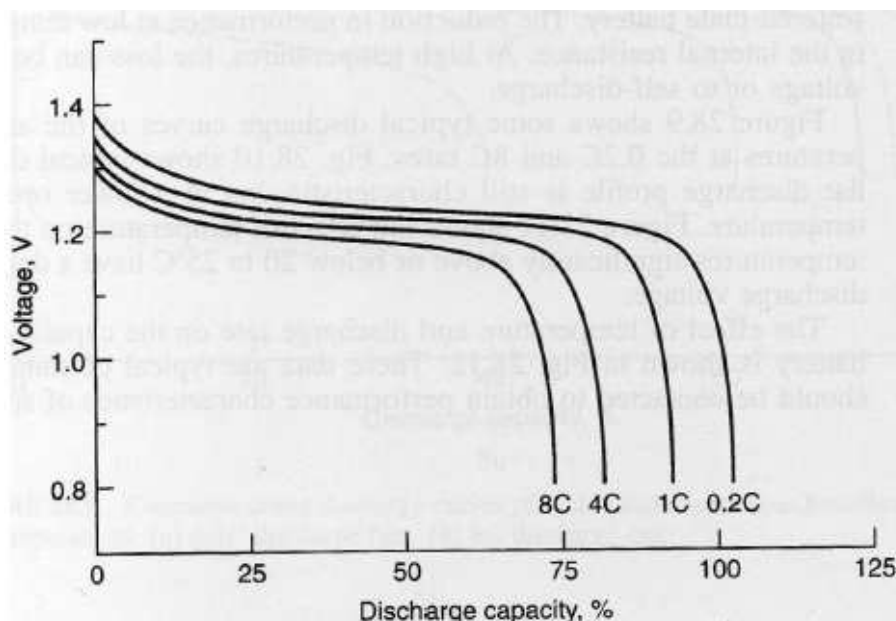
alle 20°C, rupeaa yleensä suljetun lyijyakun kapasiteetti laskea nopeasti (KUVIO 8). (Haaja 2002, 8.)



KUVIO 8. Purkauskäyrien riippuvuus lämpötilasta eri purkausvirroilla (Haaja 2002, 8.)

6.2 Nikkeli-kadium-akku (NiCd)

NiCd-akkujen itsepurkaus on suhteellisen suuri, eikä niissä siksi ole uutena täyttä kapasiteettia. Ensimmäisellä kerralla akkua pitää ladata pitkään (yleensä 24 tuntia). Täysi kapasiteetti saavutetaan vasta 2–3 lataus- ja purkauskerran jälkeen. Kapasiteetti vähenee käytön ja latauskertojen myötä, mutta NiCd-akku kestää noin 800–1000 varaus-purkausjaksoa. NiCd-akuissa on monia hyviä puolia, ja niiden virranantokyky on suuri: akkua voi kuormittaa jopa 10 C:n virralla (esim. 2300 mAh:n akkua 23 A:n virralla), ne ovat pitkäikäisiä, niitä voi käyttää hyvin mataloissakin lämpötiloissa, ne kestävät hyvin ylilatausta ja niiden lähes vakiona pysyvä jännite purkauksessa (KUVIO 9). (Liutu 2009, 16-20.)



KUVIO 9. NiCd-akun purkukäyriä, varaus 0,1C, 16 h (Liutu 2009, 16)

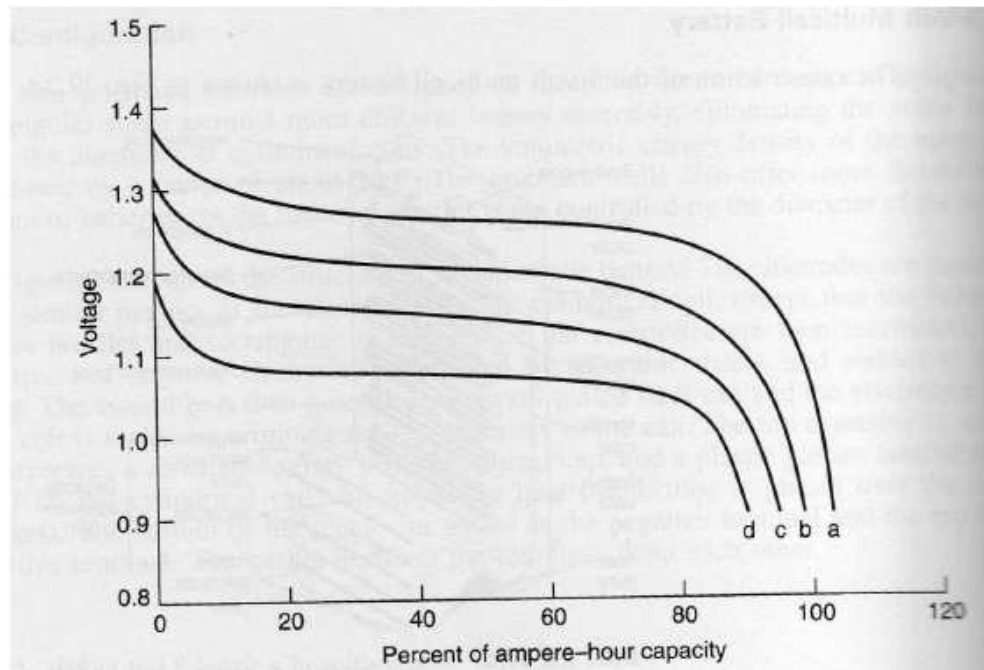
NiCd-akun yksi huono puoli on muisti-ilmiö: Jos akkua ei toistuvasti pureta tyhjäksi ennen latausta, voi akun kapasiteetti pienentyä. Kapasiteetin palauttaminen voi onnistua purkamalla akku tyhjäksi ja lataamalla se sen jälkeen uudestaan.

NiCd-akut ovat myös ympäristölle kaikkein haitallisimien akkutyyppeiden sisällyttämisen kadmiumin takia, joka on myrkyllistä ja myös melko kallista. (Liutu 2009, 16-20.)

6.3 Nikkeli-metallihydridi-akku (NiMH)

Nikkeli-metallihydridi-akut ovat hyvin läheistä sukua Ni-CD-akuille. Ne eroavat Ni-Cd akuista siten, että haitallinen kadmium on korvattu vedyllä, joka toimii aktiivisena aineena vetyä absorboivassa negatiivisessa elektrodissa. Väärin lataamalla Ni-Cd akkujakin vaivaava muisti-ilmiö on mahdollista saada myös aikaan NiMH-akuissa ja myös vaillinaiset purkausjaksot voimistavat tätä ilmiötä. NiMH-akkujen nimellisjännite on sama kuin Ni-Cd-akuissa eli 1,2 V. NiMH-akuissa on myös suurempi energiatiheys, joten niiden kapasiteetti on suurempi kuin samankokoisilla Ni-Cdakuilla (käytännössä noin 20-30 % suurempi). NiMH-akuissa jännite py-

syy tasaisena purkauksessa (KUVIO 10.), mutta ei ihan yhtä hyvin kuin Ni-Cd-akuissa. (Liutu 2009, 21-22.)



KUVIO 10. NiMH-akun purkukäyriä, a – 0,2C , b – 1C, c – 2C, d – 3C (Liutu 2009, 21.)

6.4 Litium-Ion-akku (Li-Ion)

Li-ion akku on vähän uudenmpi keksintö kuin edellä mainitut akut. Vasta 1991 Sony sai ensimmäisenä Li-Ion-akun markkinoille. Li-ion-akkujen kennon nimellisarvo on 3,6 V-3,7 V, joka on huomattavasti isompi kuin NiMH- tai NiCd-akuissa. Niiden kapasiteetti on kaksi kertaa isompi kuin NiCd-akkujen eivätkä ne kärsi muisti-ilmiöstä ollenkaan latasi niitä miten vaan. (Wikipedia 2012g.)

Li-Ion-akuissa on huonoja puoliakin. Ne eivät ole yhtään niin huolettomia kuin muut akut, eivätkä ne siedä juurikaan ylilatausta, oikosulkeutumista tai tyhjäksi purkamista. (Wikipedia 2012g.)

Ylilataus aiheuttaa epävakautta, jolloin Li-Ion akku kehittää lämpöä ja painetta, jonka seurauksena voi olla akun räjähdys ja/tai tulipalon vaara. Liika akun purka-

minen taas (alle 2,5 V) aiheuttaa sen, että tämän jälkeinen lataus on vaarallinen (akun napaisuus vaihtuu, akku ei pysty vastaanottamaan latausvirtaa ja kuumeenee). (Wikipedia 2012g.)

Litium-ion akku saa yleensä myös valmiiksi suojattuna. Akkuissa on eräänlainen suojausvirtapiiri, joka virrankatkaisusta jos akun jännite nousee liian suureksi tai laskee liian pieneksi, tai jos lataus- tai purkuvirta on liian suuri. (Wikipedia 2012g.)

Litium ei myöskään siedä vettä ja reagoi voimakkaasti päässessään tekemisiin veden kanssa, minkä vuoksi li-ion patterit valmistetaan tilassa, jonka kosteusprosentti on nolla. (Wikipedia 2012g.)

7 LED-SUKELLUSVALAISIMEN RAKENTAMISTA JA TESTAUSTA

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli päivittää nykyiset sukellusvalaisimeni LED-sukellusvalaisimiksi. Itse asiassa, kun aloin tehdä opinnäytetyötä, en ollut varma, miten tulisin päivittämään oman kalustoni. Rakentaisinko LED-sukellusvalaisimet alusta loppuun asti itse vai ostaisinko suoraan liikkeestä LED-sukellusvalaisimet ja vertailisin niitä vanhoihin valaisimiin tai jotain siltä väliltä. Nyt kun olen tutustunut LEDiin komponenttina ja sen toimintaan voin ruveta tekemään ”päivitystyötä” paremmin omaan sukellusvalaisin kalustooni.

Tällä hetkellä käytössäni on kaksi sukellusvalaisinta: pää- ja varasukellusvalaisin. Pääsukellusvalaisimenani on UK C8 Xenon ja varasukellusvalaisimenani on toiminut Oceanicin Hybem.

7.1 Pääsukellusvalaisimeni

Hyvän sukellusvalaisimen tärkeyttä ei voi liikaa painottaa yösukelluksilla tai muutenkaan. Oma tämän hetkinen pääsukellusvalaisimeni on ollut yösukelluksille mielestäni turhan vaatimaton. (KUVA 9. ja TAULUKKO 4).



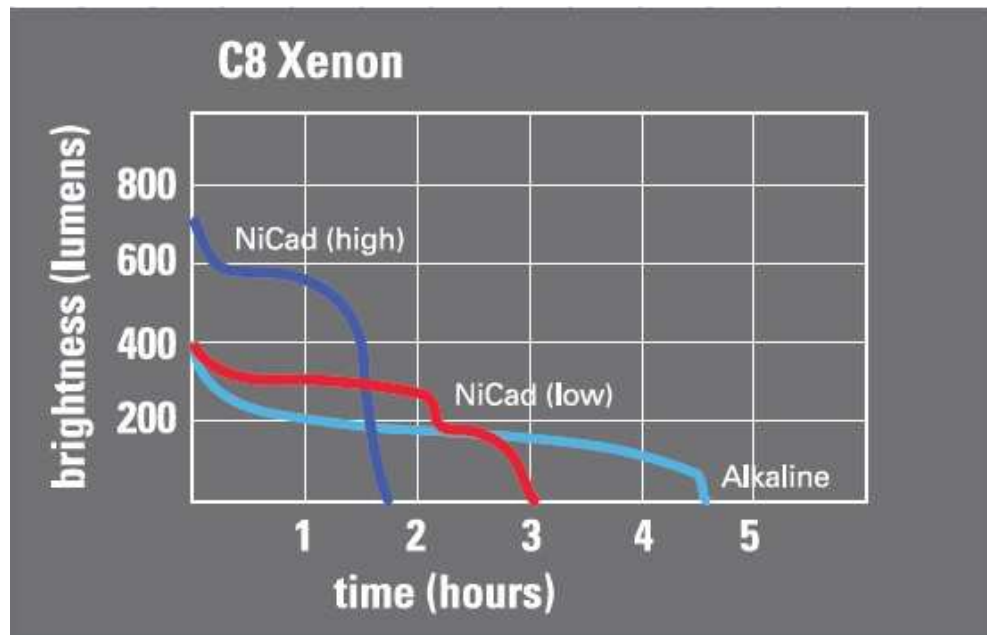
KUVA 9. UK C8 Xenon sukellusvalaisin.

TAULUKKO 4. UK C8 Xenon sukellusvalaisimen tiedot.

UK C8 Xenon	
Koko:	183 x 81 x 178 mm
Maksimi valovirta, täydellä teholla:	338lm
Polttimon käyttöikä:	10000h
Värilämpötila:	---
Paloaika:	4-5tuntia / Alkaline
Vedenpitävyys:	150m
Paino:	982g
Näkyvyys:	162m
Hinta:	n. 80€

UK C8 Xenon sukellusvalaisin on ollut ihan riittävä sukelluksilla, joilla päivänvalo on antanut sukelluksille lisävaloa. Vaatimattomaksi sen tekee sen pimeänsukelluksessa esille tulevat ominaisuudet. Sen valovirta on pimeään sukellukseen mielestäni riittämätön (338 lm), siitä lähtevä valon avautumiskulma on niin kapea, että pimeässä sukeltaessa valoa joutuu jatkuvasti osoittamaan haluamaansa kohtaan nähdäkseen ympärilleen paremmin ja tarkemmin.

Kokonsa ja käsiteltävyytensä puolesta lamppu on ihan toimiva, ja valaisimessa oleva kolmiasentoinen (ON-OFF-ON2) on mielestäni hyvä. Kytkin ohjaa valaisimessa olevaa kahta erillistä lamppua. Toisessa asennossa palaa toinen lamppu ja toisessa taas toinen. Tämä on tehty sitä varten, että jos toinen käytössä oleva lamppu hajoaa tai palaa loppuun, niin kytkimellä voi ottaa ehjän lampun käyttöön. Epäkäytännöllisyyttä valaisimeen tuo myös sen vaatimat kahdeksan C alkaliparistoa, jotka lupaavat paloaikaa n. 4-5 tuntia. Tämä tarkoittaa sitä, että kahdeksalla paristolla sukeltaa noin kolme kertaa, kunnes on taas edessä paristojen vaihto (KUVIO 11). Vaaleansinisestä käyrästä voidaan lukea, että luvut 338 lm valaisin antaa vain hetken aikaa. Jo tunnin ajan päällä ollessaan valaisin antaa enää 200 lm, ja 4 tunnin päällä olon jälkeen vaivaiset 100 lm.



KUVIO 11. Sukellusvalaisin UK-C8 Xenon antama valovirta suhteessa aikaan. (Underwater Kinetics 2009.)

UK C8 Xenon sukellusvalaisimeen on myös saatavilla päivityspaketti, joka sisältää 18,5 wattisen xenonlampun, paremmin lämpöä kestävä heijastimen ja NiCad akkupaketin laturilla. Kyseisellä 18,5 watin lampulla valmistajaa lupaa mukavat 638 lm, ja paloaikaakin reilut 1,5 tuntia (KUVIO 11) tummansininen käyrä ja 13W lampun poltettaessa NiCad-akkupaketin voimin valovirta pysyy mukavasti 300 lm kieppeillä yli kaksi tuntia (punainen käyrä).

7.2 UK C8 xenon → Led

Ensimmäiseksi led-projektikseni otin UK C8 Xenon-valaisimeni. Koska valaisimen käsiteltävyys ja koko ovat mieleiseni, siitä saa hyvän aihion. Tarkoituksena olisi vaihtaa 338 lm tuottava xenon-valonlähde huomattavasti enemmän valovirtaa antavaan led-valonlähteeseen ja myös korvata nykyinen kömpelö 8xC-alkali virtalähde.

Internetistä löytää tänä päivänä hyvin paljon ”tee se itse osia” valaisimiin. Tämä johtuu teholedien yleistymisestä sekä niiden antamasta suuresta valovirrasta ja hyvästä valotehokkuudesta.

Valonlähteeksi ostin 6*Cree Q5 WB 5-Mode 1200-Lumen White Light Drop-in LED Modulin (KUVA 10). Tässä modulissa on valonlähteenä 6 kappaletta Cree Q5 teholedejä ja ajurissa on 5 eri ajo-mahdollisuutta: Hi (800 mA 1200 lm) > Mid (600 mA 800 lm) > Lo (300 mA 300 lm) > Fast Strobe (700 mA 800 lm) > SOS (800 mA 1200 lm) eli kolme kirkkaus vaihtoehtoa, strobo ja S.O.S vilkutus.



KUVA 10. Dealextremen myymä drop-in led moduuli. (Dealextreme 2012.)

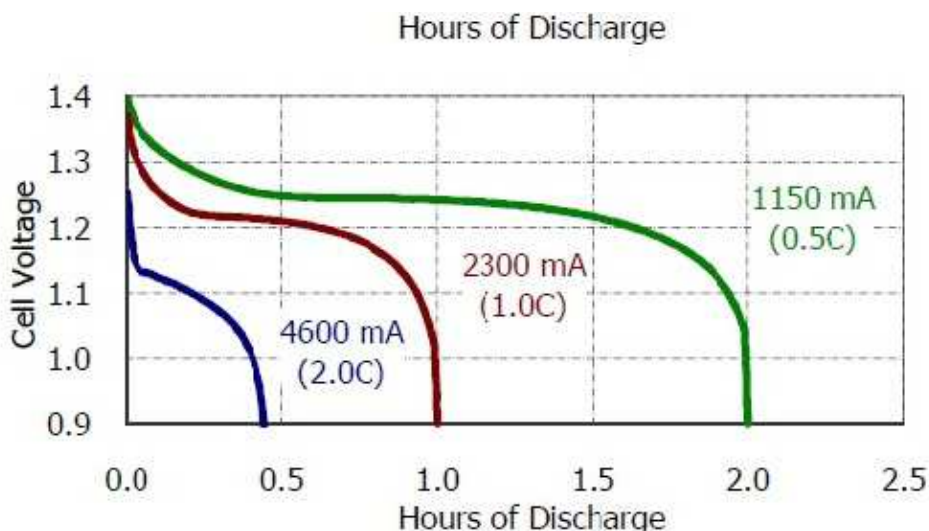
Myyjän modulille antamat tiedot olivat melko vähäiset, mutta tarpeeksi riittävät tähän projektiin. Moduli mahtui hyvin UK-C8:n sisään vaatien vain pientä sovitustyötä, että sen sai sinne hyvin istumaan. Modulin sisällä olevaa Ledien ajuria ei pääse tutkimaan, koska se oli liimattu kiinni (KUVA 11), enkä yrittänyt avata sitä piirilevyn rikkoutumisvaaran vuoksi.



KUVA 11. Led-moduulin piirilevyn ”takapuoli”

Tästä johtuen en päässyt mittaamaan ledien ottamaa virtaa ja joudun luottamaan myyjän antamiin arvoihin (jotka todennäköisesti ovat maksimi-arvoja). Koko moduulin ottaman virran pystyin kyllä mittaamaan.

Koska valmistaja määrittelee kyseiselle moduulille maksimi-sisäänmeno-jännitteeksi 8,4 V valitsin akuiksi kuusi kappaletta Energizerin NiMH 2300 mAh 1,2 V:n akkupatteria. Sarjaan kytkettynä ja täyteen ladattuina ne antavat 7,2 V:n nimellisjännitteen ($1,2\text{ V} + 1,2\text{ V} + 1,2\text{ V} + 1,2\text{ V} + 1,2\text{ V} + 1,2\text{ V} = 7,2\text{ V}$). Valmistaja antaa Energizer NiMH 2300 mAh akun maksimi-kuormitusvirraksi 2.0 C eli 4600 mAh, ja 1.0 C virralla akku kestää n.1 tunnin (KUVIO 12).



KUVIO 12. Energizer NiMH 2300 mAh, purkukäyrä (Energizer 2012.)

Toisena vartenotettavana vaihtoehtona pidin kahta (valaisimessa olisi tilaa jopa neljälle) Vartan Li-Ion 2200 mAh 4,2 V akkua, jotka sarjaan kytkettynä ja täydessä latauksessa ollessaan olisivat antaneet juuri tuon sallitun maksimin 8,4 V ($4,2\text{ V} + 4,2\text{ V}$), ja neljää kyseistä akkua käytettynä (2 sarjaan ja 2 rinnan) olisi akuston jännitteeksi ja kapasiteetiksi tullut 8,4 V ja 4400 mAh, joka teoriassa olisi tuplannut valaisimen käyttöajan.

Päätin silti pitäytyä NiMH-akuissa, koska ne ovat luotettavampia. Li-ion-akut eivät kestä hyvin lämpöä, ja ne saattavat reagoida voimakkaasti päästyään kosketuksiin veden kanssa. Vaikka sukellusvalaisin on suljettu tila, johon vettä ei pitäisi

päästä, on se mahdollisuus kuitenkin olemassa (kuten olen itsekin joutunut toteamaan). Sukelletaessa valaisimen ympärillä kun on ainoastaan vettä, ja mitä syvemmälle mennään, sitä kovemmalla paineella (jokaista 10 syvyysmetriä kohden +1bar) vesi yrittää tunkeutua valaisimen sisään.

Moduulissa on valonlähteenä CREE:n valmistamia XR-E Q5 WB ledejä. Koska samankin tuotantoryhmän ledeissä on eroja, valmistaja joutuu lajittelemaan ledit ryhmiin päästäkseen riittävän samanvärisiin eriin. Moduulissa olevat ledit kuuluvat ryhmään Q5 ja valmistajan antamasta taulukosta 5. voidaan lukea, että niille annetaan minimi-luumin arvoksi 350 mA:n virralla 107 lm, ja värilämpö kuuluu skaalaan 5000 K - 10000 K.

TAULUKKO 5. CREE Xlamp7090XR-E ryhmäjako. (CREE 2009, 2.)

Color	CCT Range		Base Order Codes Min. Luminous Flux (lm)		Order Code
	Min.	Max.	Group	Flux (lm)	
Cool White	5,000 K	10,000 K	P4	80.6	XREWHT-L1-0000-00901
			Q2	87.4	XREWHT-L1-0000-00A01
			Q3	93.9	XREWHT-L1-0000-00B01
			Q4	100	XREWHT-L1-0000-00C01
			Q5	107	XREWHT-L1-0000-00D01
			R2	114	XREWHT-L1-0000-00E01
Neutral White	3,700 K	5,000 K	P3	73.9	XREWHT-L1-0000-008E4
			P4	80.6	XREWHT-L1-0000-009E4
			Q2	87.4	XREWHT-L1-0000-00AE4
			Q3	93.9	XREWHT-L1-0000-00BE4
			Q4	100	XREWHT-L1-0000-00CE4
Warm White	2,600 K	3,700 K	N3	56.8	XREWHT-L1-0000-005E7
			N4	62.0	XREWHT-L1-0000-006E7
			P2	67.2	XREWHT-L1-0000-007E7
			P3	73.9	XREWHT-L1-0000-008E7
			P4	80.6	XREWHT-L1-0000-009E7

7.3 Testausmenetelmät

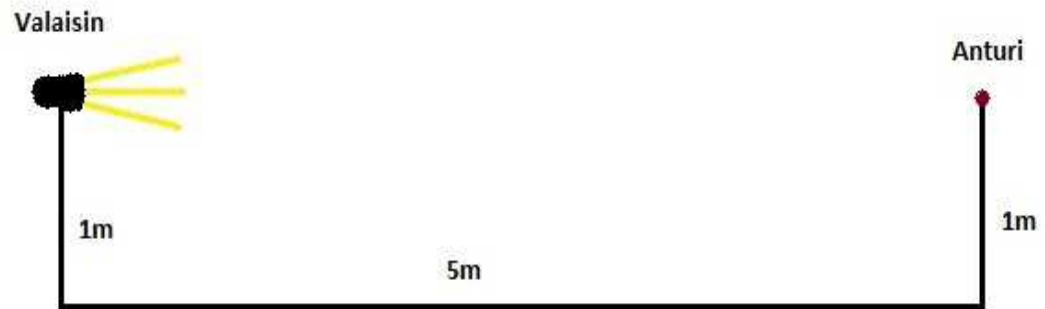
Testin tarkoitus on verrata aikaisempaa halogen + 8xC-alkaliparisto-järjestelmää, uuteen 6xCree led + 6xAA-NiMH akku-järjestelmään.

Valaistusvoimakkuuden mittauksessa käytettiin luksimittari nro 1:a (KUVA 12). Ledi-moduulin piirilevyn lämpötilan seurannassa käytettiin Fluken infrapunalämpömittari nro 2:a (KUVA 12) ja virran mittauksessa yleismittari nro 3:a (KUVA 12).



KUVA 12. Mittauslaitteisto.

Mittauspaikkana toimi 10mx3m halli, jonka sai melkein täysin pimeäksi (0,7 luk-sia). Luksi-mittarin anturin laitoin seinälle 1 m korkeuteen, mittasin anturista 5 m ja tein paikan valaisimelle myös yhden metrin korkeuteen (KUVIO 13).



KUVIO 13. Mittausjärjestelyn etäisyydet.

Yleensä, Suomen vesissä sukeltaessa näkyvyys vedessä vaihtelee paljon riippuen sukelluskohteesta. Parhaimmillaan näkyvyys voi olla jopa 20 m ja huonoimmillaan 1 m. Otin mittausvälimatkaksi 5 m, joka on hyvin tyypillinen näkyvyys vedessä omilla sukelluksillani.

Ensin mittasin ”vanhan”-järjestelmän antamat luksit 5 metrin päästä. Virtalähteenä toimi 8 kappaletta C-akkaliparistoja KUVA13. Paketissa ei ollut merkittynä paristojen kapasiteettia ollenkaan, enkä löytänyt sitä edes valmistajan internetsivuilta.

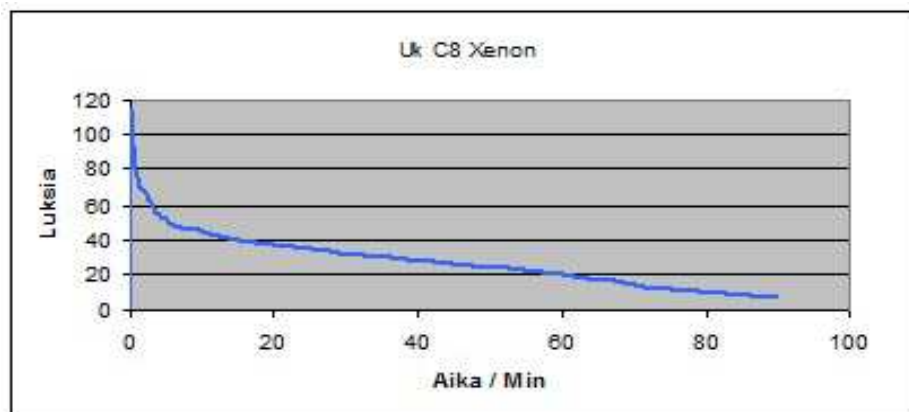


KUVA 13. Testissä käytetty Airamin Heavy Duty alkaliparisto.

Toisena mittauskohteena oli led-moduuli, jonka virtalähteenä toimi 6 x AA Energizer NiMH 2300 mAh akkupatteria. Tässä mittauksessa mittasin myös luksit 5 m päästä valaisimesta, ja lisäksi mittasin yleismittarilla koko järjestelmän ottaman virran, ja infrapunalämpötilamittarilla seurasin piirilevyn lämpötilaa.

7.4 Testin tulokset

Ensimmäisessä testissä tutkin UK-C8 Xenon sukellusvalaisimen antamaa valoa. Testin alku sekunteilla valaisimen antama luksimäärä tippui valtavaa vauhtia, alun 112 luksista se oli ensimmäisen minuutin jälkeen tippunut jo kolmanneksen (KUVIO 14).



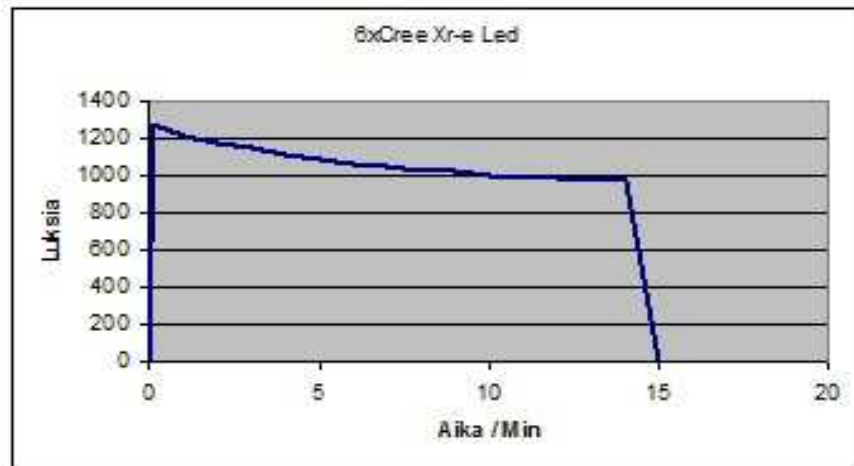
KUVIO 14. UK C8 Xenonin mitattu luksimäärä suhteessa aikaan.

Kymmenen minuutin jälkeen sain lukemaksi enää 44 luksia, minkä jälkeen mittapisteen luksien pieneneminen hidastui n. 3-4 luksia / 5 min. Lopetin testin 90 minuuttiin jälkeen, kun luksimittarin lukema oli enää 8 luksia ja valaisimen valo oli jo silmin nähden hiipunut.

Jos tätä kuviota verrataan valaisimen valmistajan kuvioon (KUVIO 11), huomataan, että ne ovat hyvin samankaltaiset. Ainoana erona, että omassa testissäni valaisimen antama valovirta heikkeni paljon nopeammin kuin valmistajan kuviossa. Tämä johtuu varmasti ainakin osin siitä, että valmistaja on käyttänyt parempia alkaali-paristoja, joilla on iso kapasiteetti.

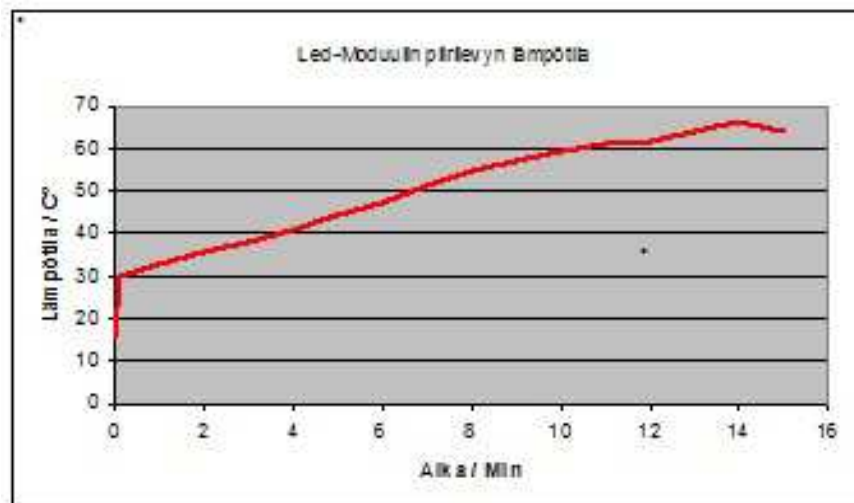
Testin toisessa osassa vuorossa oli 6xCree XR-E-LEDiä sisältävä moduuli. Käytin testissä suurinta valovirtaa antavaa mahdollisuutta, eli ledejä ajettiin 800 mA:n virralla. Tässä testissä mitattavia kohteita oli kolme. Luksit 5 m päässä valaisimesta, valaisimen ottama kokonaisvirta, ja piiristä mitattu lämpötila.

Testin alkuvaiheessa luksimittari antoi lukeman 1275, josta se lähti putoamaan melko tasaista vauhtia (KUVIO 15).



KUVIO 15. LED-moduulin mitattu luksimäärä suhteessa aikaan.

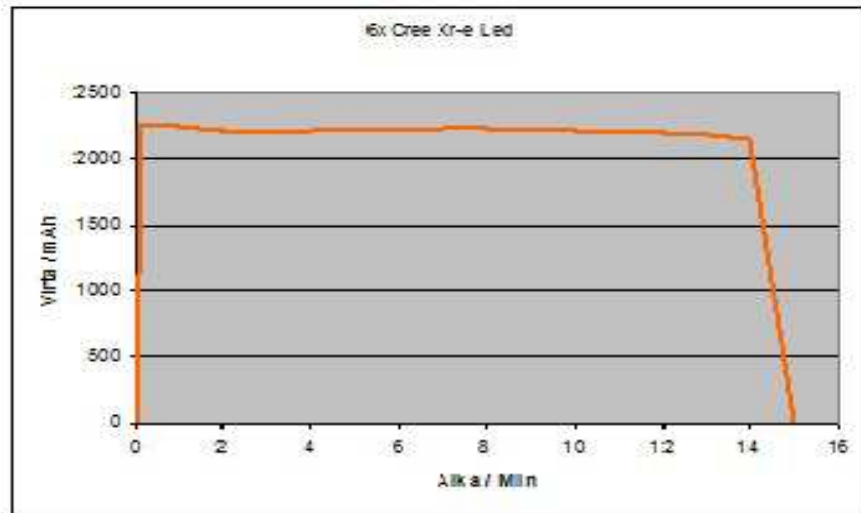
Noin 14,5 minuutin kohdalla luksimittarin lukema näytti alle 970 luksia, kun valaisin sammui kokonaan. Piirin lämpötila oli tällä hetkellä n. 66 C° (KUVIO 16).



KUVIO 16. LED-moduulin piirilevyn lämpötila suhteessa aikaan.

Tarkoitukseni oli lopettaa testi, jos piirin lämpötila ylittäisi 80 C°, mutta ilmeisesti jokin antoi periksi jo ennen tätä. Koska lämpötilan mittausta tapahtui piirin takapuolelta, voidaan olettaa, että sisäpuolinen lämpötila on ollut paljon suurempi.

Moduulin ottama virta oli melkein koko mittauksen sama n.2200 mA (KUVIO 17).



KUVIO 17. LED-moduulin ottama virta suhteessa aikaan.

8 YHTEENVETO

Työn aikana opin tuntemaan valon käyttäytymistä ja miten sitä mitataan. LEDin toiminta ja sen käyttö ja ennen kaikkea sen lämpökäyttäytyminen tulivat hyvin tutuiksi. LED on aivan varmasti tulevaisuuden valonlähde, ja sitä tullaan käyttämään melkein kaikissa paikoissa, joissa valoa tarvitaan (myös sukellusvalaisimiin se on tullut jäädäkseen), paitsi jos keksitään jokin uusi vielä lediä parempi ja energiatehokkaampi valonlähde.

Opinnäytetyön projekti-osiossa sain käsityksen, miten valaisimen valonlähteen vaihtaminen edellyttää ja miten helposti kaikki voi myös mennä pieleen.

Mittaukset onnistuivat niin kuin pitikin, ja se oli työn mielenkiintoisin osio. Oli kiinnostavaa seurata, miten mitatut luksiarvot vaihtelivat, ja varsinkin LED-moduulin mittauksessa lämpötilan nousun seuraaminen oli kiinnostavaa.

Vaikka LED-moduuli sammuihin, (ylikuumenemisen takia), olivat mittaukset onnistuneet. Kyseinen LED-moduuli antoi alussa 10 kertaa paremman luksiarvon, kuin xenon-lamppu, ja 10 minuutin kohdalla yli 20 kertaa paremman arvon. Ainoa ongelma oli, että LED-moduuli olisi kaivannut paremman jäähdytyksen.

Jos tekisin mittaukset uudestaan, aloittaisin ne LED-moduulin pienimmällä ajolla 300mA/300 lm, minkä jälkeen mittaisin keskimmaisella ajolla 600 mA/800 lm ja sitten vasta siirtyisin isoimmalle. Mittausta tehdessäni olin liian innokas ja halusin heti tietää, miten paljon kirkkaampi LED-moduuli on xenon-lamppuun verrattuna. Alotin testin isoimmalla ajo-toiminnolla ja käretyin moduulin, jos olisin aloittanut pienimmällä, ei LED-moduuli olisi varmastikaan kärehtänyt ja olisin saanut ainakin enemmän testituloksia.

Jatkoa ajatellen olen tilannut jo uuden LED-moduulin sukellusvalaisimeen, jonka valovirta on kokeessa käytettyä moduuliakin suurempi (2000 lm). Ja siinä on vain kolme ajo-mahdollisuutta: LOW-MID-HI eli Strobo- ja S.O.S-toiminnot puuttuvat

kokonaan, koska en nähnyt niitä tarpeellisiksi. Aion hoitaa myös moduulin jäähdytyksen kunnolla.

PAINETUT LÄHTEET

Eberhard, H. 2007. Tehoa LEDIvaloilille. Prosessori 9/2007, 54-57.

Hänninen, V. 2010. Ledi valtaa valaisimet. Prosessori 1-2/2010, 20-22.

Karjalainen, V. 2010. Teholedien lämpötalous hallintaan – Hukkalämpö harmina. Prosessori 1-2/2010, 23-25

Palojärvi, J 2006. Uudenlaista tunnelmaa teholedeillä. Prosessori 6-7/2006, 38-41.

Vikman, T 2004, Sukellus. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy

ELEKTRONISET LÄHTEET

CREE. 2009. Cree Xlamp XR-E LED. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:
<http://www.cree.com/products/pdf/xlamp7090xr-e.pdf>

Dealextreme. 2012. 6*Cree Q5 WB 5-Mode 1200-Lumen White Light Drop-in LED Module (52.7mm*42mm/8.4V Max). [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:
<http://www.dealextreme.com/p/6-cree-q5-wb-5-mode-1200-lumen-white-light-drop-in-led-module-52-7mm-42mm-8-4v-max-65153>

Dive Rite. 2012. RX2 Slimline LED. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:
<http://www.diverite.com/products/catalog/lights/lt8800>

Doubulb.com. 2012. LED History. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:
<http://www.doubulb.com/led-history.html>

Energizer. 2012. Energizer nh15-2300. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:
<http://data.energizer.com/PDFs/nh15-2300.pdf>

Haaja, J. 2002. Urheilusukeltajien käyttämät valaisimet. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://tsa.kapsi.fi/files/laitedata/urheilusukeltajien%20k%E4ytt%E4m%E4t%20valaisimet.pdf>

Heino, V. 2012. Värilämpötila ja suotimet. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://personal.inet.fi/kerho/tkamera/suotimet.htm>

Innojok. 2012. Mitä valo on?. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://innosol.eu/valaistuss/index2.php?sivu=46>

Liutu, M. 2009. NiCd- ja NiMH-akkujen testaus. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<https://publications.theseus.fi/handle/10024/6501>

Scubamafia. 2012a. Valopäät. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

http://www.scubamafia.fi/valaisimet-varusteet-valopaat-c-27_32.html

Scubamafia. 2012b. Akkukotelot. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

http://www.scubamafia.fi/valaisimet-varusteet-akkukotelot-c-27_28.html

Staples Finland Oy. 2012. Tiesitkö tämän valaistuksesta?. [viitattu 13.2.2012]

Saatavissa: <http://www.lindell.fi/?id=99>

Underwater Kinetics. 2009. C8 Xenon. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

http://www.uwkinetics.com/uploads/files/171/C8Xenon-DataSheet_99975-email.pdf

Varuste.net. 2012a. Princeton Torrent LED. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://www.varuste.net/en/tuotetiedot2.asp?prodid=31935&nimi=Princeton+Torrent+LED>

Varuste.net 2012b. Dive Rite LED LUX Canister Light. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

http://www.varuste.net/tuotetiedot2.asp?_prodid=31660&nimi=Dive+Rite+LED+LUX+Canister+Light

Wikipedia. 2012a. Valovirta. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Valovirta>

Wikipedia. 2012b. Valaistusvoimakkuus. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Valaistusvoimakkuus>

Wikipedia. 2012c. Valaistusvoimakkuus. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kandela>

Wikipedia. 2012d. Valotehokkuus. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Valotehokkuus>

Wikipedia. 2012e. Värilämpötila. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Värilämpötila>

Wikipedia. 2012f. Värintoistoindeksi. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Värintoistoindeksi>

Wikipedia. 2012g. Akku. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Akku>

Zyga Lisa. 2010. White LEDs with super-high luminous efficacy could satisfy all general lighting needs. [viitattu 13.2.2012] Saatavissa:

<http://www.physorg.com/news202453100.html>

